

Dragutin Vuković

Nenad Severin

Karakterizacija radnog opterećenja u lokalnoj mreži

Workload characterization in the local area network

Sažetak: U radu je opisana karakterizacija radnog opterećenja u lokalnim mrežama. Razmatrane su odrednice radnog opterećenja lokalne mreže, načini stvaranja i mjerjenja radnog opterećenja te primjena analizatora protokola u karakterizaciji radnog opterećenja. Također su komentirani problemi usklajivanja produkcijskog i ispitnog radnog opterećenja. Prikazani su rezultati karakterizacije radnog opterećenja proizведенog skupinom ispitnih programa u širokoj upotrebi. Diskutirani su nedostaci tih ispitnih programa.

Abstract: This paper describes the workload characterization applied to local area networks. Workload characteristics, workload generation and measurement using protocol analyser are discussed. Some problems regarding accordance of production and test workloads are taken into consideration as well. The results of workload characterization for a known, widely used, test suite are shown, and discussion is given about some fallacies embedded in this tests.

Uvod

Jedna od značajnih inženjerskih metoda u postupku projektiranja složenih tehničkih sustava je modeliranje. Postupak modeliranja sadrži tri faze. U fazi *uspostavljanja* modela konstruira se model na osnovi promatranja ponašanja postojećeg sustava i ispituje se ispravnost tog modela. U fazi *projekcije* na taj model se primjenjuju zamišljene modifikacije kako bi se predvidio njihov utjecaj na budući modificirani sustav. U fazi *potvrđivanja* se promatra ponašanje stvarnog modificiranog sustava i uspoređuje sa rezultatima iz faze projekcije. Zajedno ove tri faze čine *ciklus modeliranja*. [PATT85]

Mjerenje radnog opterećenja postojećeg sustava, kao jedan od postupaka u fazi uspostavljanja modela, pruža podatke za određivanje ulaznih podataka u model konstruiran u ovoj fazi. Također i u fazi potvrđivanja nailazimo na postupak mjerenja radnog opterećenja modificiranog sustava, gdje nam dobiveni podaci služe za usporedbu s ulaznim podacima u model u fazi projekcije. Priprema za postupak mjerenja radnog opterećenja sustava jest proučavanje načina na koji se sustav optereće i tehnika za mjerenje specifičnih vrsta opterećenja, primjenom metoda karakterizacije radnog opterećenja.

Karakterizacija radnog opterećenja je grana znanosti koja se bavi promatranjem, identificiranjem i objašnjavanjem pojave tijekom upotrebe sustava sa svrhom stjecanja boljeg uvida u način na koji se taj sustav upotrebljava u radnom procesu. U okolišu lokalne mreže radno opterećenje definira se kao količina posla koju obavlja u jedinici vremena promatrani podskup skupa komponenti koje čine mrežu - klijent, poslužitelj, radna grupa ili čitava mreža. U tom kontekstu karakterizacija radnog opterećenja se omeđuje na promatranje pojave unutar lokalne mreže i razjašnjavanje upotrebe lokalne mreže u radnom procesu.

Razine karakterizacije

Da bi se uveo neki smisao u ogromne količine podataka koje se putuju prijenosnim sredstvom lokalne mreže, potrebno je radno opterećenje promatrati bar sa tri različita gledišta, ili razine promatranja.

Fizička razina predstavlja gledište računala na radno opterećenje. Na ovoj razini promatra se radno opterećenje kao kontinuirani protok okvira. Analizom na ovoj razini moguće je otkriti da li su pojedine komponente mreže preopterećene ili neiskorištene, da li svi klijenti dobivaju ravnopravan udio u propusnom opsegu mreže te da li postoje neke neispravnosti u radu mreže.

Logička razina je gledište programera na radno opterećenje. Programera ne zanimaju bitovi i okviri, već radije pojedinačna vremena odziva i slijed poziva udaljenih procedura. Na ovoj razini se analizom ustanavljava da li okvir sadrži zahtjev za uslugu ili odgovor na zahtjev, koja vrsta zahtjeva ili odgovora je u okviru, kako brzo se dobiva odgovor na postavljeni zahtjev, kakav slijed mrežnih događaja se odvija nakon poziva funkcije više razine programske sučelja, i sl.

Funkcijska razina predstavlja korisnikovo gledište. Ona je više ovisna o aplikacijskim programima od prethodne dvije razine, pa tako i spoznaje do kojih se dolazi analizom na ovoj razini. Pitanja na koja se u ovoj razini mogu dobiti odgovori mogu biti, na primjer: zašto procesor teksta stvara privremenu datoteku prije slanja ispisa na mrežni printer; da li uslužni promet (RIP, SAP, itd.) previše opterećuju mrežu; kako veličine zapisa u bazi podataka utječu na opterećenje mreže, i sl.

Analizator protokola u karakterizaciji radnog opterećenja

Analizatori protokola su uređaji projektirani da, priključeni na prijenosno sredstvo mreže, snimaju i analiziraju sav promet koji prolazi prijenosnim sredstvom. Procesna moć ugrađena u te uređaje omogućuje razlučivanje pojedinih vrsta prometa na osnovi raznih parametara, te prikupljanje statističkih podataka o filtriranim vrstama prometa. To ih čini idealnim alatom za karakterizaciju radnog opterećenja u lokalnoj mreži, naročito za analize u fizičkoj i logičkoj razini.

Primjenom filterskih funkcija analizatora protokola moguće je u fizičkoj razini fokusirati analizu na pojedinačnog klijenta, grupu klijenata, pojedinačni poslužitelj ili na čitav segment lokalne mreže. Na primjer, filtriranjem prometa vezanog za specifičnu mrežnu adresu, te razdvajanjem zahtjeva za uslugu od odziva na zahtjev, moguće je dobiti dosta dobru sliku o obimu, intenzitetu i uzorcima radnog opterećenja koje stvara mrežno računalo s tom adresom.

Na logičkoj razini, u lokalnoj mreži NetWare, promet se sastoji od niza paketa sa upitim i odgovorima, kodiranih prema jezgrenom protokolu Novell NetWare (NCP, od izv.: NetWare Core Protocol). Praćenje NCP poruka analizatorom protokola nešto je složenije od samog razlučivanja upita i odgovora. NetWare trenutno definira oko 300 različitih NCP poruka od kojih se svaka može pojaviti u bilo kojem trenutku na prijenosnom sredstvu. Međutim, statističkom analizom prometa (provedenom u tvrtki Novell) pokazano je da većinu prometa u NetWare mreži čini samo šest NCP poruka: *pokreni_traženje_datoteke nastavi_traženje_datoteke, citaj_iz_datoteke, piši_u_datoteku, otvori_datoteku i zatvori_datoteku*. Ovih šest NCP poruka može činiti od 75% do 98% prometa u mreži, ovisno o aplikacijskim programima koji su u upotrebi.

Funkcijska razina analize lokalne mreže NetWare usmjerena je na transakcije sačinjene od višestrukih NCP poruka, redoslijed NCP poruka unutar transakcija, te redoslijed i vrijeme odziva transakcija. Današnji analizatori protokola nemaju ugrađene funkcije koje bi omogućile ovu vrstu analize, osim naknadne računalne obrade podataka prikupljenih analizatorom na fizičkoj i logičkoj razini.

Mjerenja prikazana u ovom radu provedena su analizatorom protokola LANalyzer tvrtke Novell. LANalyzer je potpuno programski proizvod načinjen za rad na osobnom računalu zasnovanom na procesoru Intel x86, u radnom okruženju MS-DOS/Windows. Analizator prikuplja podatke iz

komunikacijskog kanala lokalne mreže posredstvom mrežnog priključnog sklopa (mrežna kartica, mrežni adapter) i njegovog upravljačkog programa. Mrežni priključni sklop prima svaki okvir koji prolazi komunikacijskim kanalom. Pri uobičajenoj upotrebi mrežnog sklopa, u stanici-klijentu ili poslužitelju, nije potrebno do procesora propustiti svaki od tih okvira. Stoga upravljački program filtrira okvire na osnovi adresa te procesoru predaje samo okvire koji nose adresu te stanice, opću ili grupnu adresu. Ovo filtriranje je smetnja za rad analizatora protokola LANalyzer, jer do njega trebaju stići svi okviri koji prolaze mrežom. Stoga je za mrežni priključni sklop u tom slučaju potrebno imati pogonski program koji može raditi u takozvanom mješovitom načinu rada, kada je filtriranje isključeno i svi okviri se predaju procesoru bez obzira na njihovu adresu, tip, i ostale oznake. [LANA93]

Odrednice radnog opterećenja

Postoje dvije klase odrednica koje karakteriziraju radno opterećenje: količina i uzorak.

Prvu i očigledniju skupinu čine odrednice količina. Kako je količine lako mjeriti, ova klasa odrednica se danas najčešće simulira u programima za projektiranje mreža, i emulira u ispitnim radnim opterećenjima. Količinske odrednice uključuju: prosječne i vršne količine podataka (okteta/s), prosječni i vršni broj_okvira/s, prosječno i vršno iskorištenje prijenosnog sredstva, distribuciju veličina okvira i sl.

Drugu klasu čine odrednice koje pokazuju što se stvarno događa u mreži. Ove odrednice je puno teže mjeriti, simulirati ili emulirati. U ovu grupu ulaze: kašnjenje, odnosno vrijeme između operacija potaknutih radom na stanici-klijentu, uzrokovano a) distribuiranom obradom, b) suspenzijom aktivnosti, c) razmišljanjem korisnika ili d) sistemskim poslovima; odnos broja zahtjeva za čitanje prema broju zahtjeva za pisanje; distribucija frekvencija zahtjeva prema vrsti usluge; broj pristupa prema vrstama datoteka; veličina i frekvencija čitanja i upisa prema vrstama (slijedno, nasumično); distribucija veličina datoteka upotrijebljenih u jedinici radnog vremena; i slično. To su elementi koji čine uzorak radnog opterećenja.

Korištenjem komercijalnih analizatora protokola uglavnom se dobivaju količinski podaci, filtriranjem prema različitim kriterijima i mjeranjem prometa na komunikacijskom kanalu. Međutim, ako se oslanjamо samo na mjerene veličine dobiva se netočna slika snimljenog radnog opterećenja. Tek u kombinaciji sa snimanjem uzorka radnog opterećenja dobiva se prava slika. Na žalost, današnji analizatori protokola nemaju mogućnosti za snimanje uzorka prometa na kanalu u opsegu koji bi zadovoljavao potrebe karakterizacije opterećenja. Neki uzorci mogu se dobiti naknadnom obradom snimljenih količinskih podataka (npr.: distribucija frekvencija zahtjeva prema vrsti usluge), no najveći dio nije moguće odrediti. [LEE94]

Produkcijsko radno opterećenje

Pod produkcijskim radnim opterećenjem podrazumijeva se radno opterećenje mreže u stvarnoj primjeni kada korisnici obavljaju svoj svakodnevni posao. Snimanje produkcijskog radnog opterećenja omogućuje dobivanje pouzdanih količinskih podataka o radnom opterećenju u stvarnom sustavu. S druge strane, veoma je teško snimiti uzorke radnog opterećenja. Pošto u procesu stvaranja tog opterećenja sudjeluju korisnici koji obavljaju svoj uobičajeni posao, postupak se teško kontrolira. Za dobivanje slike o uzorcima radnog opterećenja stoga je potrebna detaljnija analiza radnog procesa svih korisnika lokalne mreže.

Karakteriziranjem produkcijskog radnog opterećenja dobivaju se početni parametri za modeliranje hipotetskog modificiranog sustava. Međutim, za ispitivanje modificiranog sustava i njegovih komponenti produkcijsko opterećenje nije zadovoljavajuće. Modificirani sustav obično se projektira tako da podnese povećanje opterećenja predviđeno u nekom budućem vremenu. Stoga je potrebno imati mogućnost stvaranja takvog povećanog opterećenja umjetnim putem.

Ispitno radno opterećenje

Ispitno radno opterećenje stvara se uz pomoć programskih produkata koji emuliraju korisnički rad na stanicama-klijentima, na dva načina: stvarno i sintetički.

Stvarno ispitno radno opterećenje stvara se uz pomoć programskih produkata koji se zaista koriste u proizvodnjom radu. Uzorak korisničkog rada proizvodi se odgovarajućim programiranjem tih produkata: *makro* i *script* programima, grupnim programima itd. Takvo ispitno opterećenje se uzorkom može bolje približiti proizvodnjom opterećenju, ali je složenije za postavljanje i kontroliranje.

Sintetičko ispitno radno opterećenje stvara se uz pomoć programa specijalno načinjenih za tu svrhu. Pri tome je najčešće moguće na jednoj stanici emulirati rad većeg broja korisnika, kako bi se u ispitnim instalacijama smanjila potrebna količina opreme. Prilikom pisanja programa za stvaranje ispitnog opterećenja u njih se nastoji ugraditi odgovarajući uzorak rada korisnika, kako bi se ispitnim opterećenjem što više približilo proizvodnjom radnom opterećenju. Ovi programi često sadrže i dio koda koji služi mjerenu određenih količinskih parametara, te tako postaju potpuni ispitni programi, tzv. *benchmark*.

Za pravilan izbor programa kojima će se proizvoditi ispitno radno opterećenje potrebno je odgovoriti na nekoliko pitanja u vezi s njima: Da li program stvara uzorke kašnjenja koji predstavljaju prirodna vremena razmišljanja? Da li je vrsta aplikacija predstavljenih ispitnih opterećenjem dovoljno slična onima koje se koriste u proizvodnjoj okolini? Da li ispitno radno opterećenje može preslikati obim proizvodnjog radnog opterećenja, te dozvoljava li inkrementalno povećanje opterećenja radi planiranja kapaciteta? Odgovor na ova pitanja može se dobiti ako se načini analiza ispitnog radnog opterećenja i usporedi s proizvodnjkim.

Primjer analize ispitnog radnog opterećenja

U ovom primjeru pokušalo se karakterizirati radno opterećenje koje proizvodi skup *benchmark* programa tvrtke LANQuest Labs. Skup programa, nazvan LAN Application Benchmark (LAB) Test Suite, pripada grupi ispitnih programa koji koriste stvarne proizvodničke programe za stvaranje opterećenja. U programima LAB koriste se Lotus1-2-3 v2.01, Microsoft Word v3.10 i Borland dBASE III Plus LAN Pack v1.1. Stvaranje opterećenja pokreću makro programi načinjeni pomoću programa Borland Superkey. Rezultati LAB ispitnih programa koriste se u prikazima u mnogim stručno-popularizacijskim časopisima, poput *PC Week*, *LAN Magazine* i *Personal Computing*. IBM distribuira programe LAB svojim potencijalnim kupcima prilikom nadmetanja za sklanjanje posla.

Prema tvrdnjama proizvođača ovi ispitni programi namijenjeni su određivanju relativnih performansi cijelokupnog sustava lokalne mreže, a ne pojedinačnih komponenti. Programi su načinjeni tako da rade bez pauza, stvarajući maksimalno opterećenje po stanici-klijentu, prema LANQuest-u svaka stanica može predstavljati do 6 korisnika.

Mjerenja sa svakim od ispitnih programa provedena su dva puta; prvi puta je na stanicama-klijentima korištena mrežna Ijuska NetWare NETX; drugi puta je korišten slogan mrežnih programa VLM [NWKS93]. Rezultati su prikazani tablicama 1, 2 i 3.

Na funkcionalnoj razini analize najviše se o ispitnim programima saznaće proučavanjem makro programa koji pogone aplikacijske programe za stvaranje ispitnog radnog opterećenja. Upravo na ovoj razini nalazimo najviše zamjerki ispitnim programima tvrtke LANQuest. Programi nemaju realističnog kašnjenja koje bi emuliralo vrijeme razmišljanja. Programi Word i Lotus1-2-3 koncentrirani su isključivo na kreiranje datoteka; nema uzorka stvarnog rada s upotrijebljениm aplikacijama - uređivanje, upisivanje, formatiranje, pretraživanje, preračunavanje, prelistavanje datoteka, arhiviranje i sl. Programi Word i Lotus1-2-3 eliminiraju upotrebu diskovne spremničke memorije poslužitelja. Program dBASE primjenjuje samo slijedni pristup datotekama i izvodi

samo upite i sortiranja, te također ne pokazuje uzorak radnog opterećenja sličan proizvodnjom.

Tablica 1.: Rezultati karakterizacije ispitnog radnog opterećenja Word

Vrsta aplikacije: Datotečno orijentirana, vrlo male datoteke
 Skup podataka: 2176 okteta, replicirana datoteka u jednom katalogu
 Zahtjevi za obradu: 91 traženje datoteke, 746 otvaranja/zatvaranja, 50 kreiranja
 Omjer broja čitanja i pisanja: 7:1 (1690:254)

Osnovna statistika broja okvira i prenesene količine podataka:						
	Vršna vrijednost broj_okvira / s	Ukupni iznos broj_okvira / s	Vršna vrijednost K oktet / s	Ukupni iznos K oktet / s		
NETX	616	7129	334	1286		
VLM	460	5208	350	1551		
Distribucija veličina okvira:						
	0-63	64-127	128-255	256-511	511-1023	1024-1518
NETX	0	73	17	2	0	5
VLM	0	75	3	3	4	13

Tablica 2.: Rezultati karakterizacije ispitnog radnog opterećenja Lotus1-2-3

Vrsta aplikacije: Datotečno orijentirana
 Skup podataka: 53 K oktet, replicirana datoteka u jednom katalogu
 Zahtjevi za obradu: 391 traženje datoteke, 116 otvaranja/zatvaranja
 Omjer broja čitanja i pisanja: 1:1 (8701:8420)

Osnovna statistika broja okvira i prenesene količine podataka:						
	Vršna vrijednost broj_okvira / s	Ukupni iznos broj_okvira / s	Vršna vrijednost K oktet / s	Ukupni iznos K oktet / s		
NETX	1339	35447	276	4653		
VLM	360	3971	305	2776		
Distribucija veličina okvira:						
	0-63	64-127	128-255	256-511	511-1023	1024-1518
NETX	0	51	47	0	0	0
VLM	0	45	6	0	1	45

Tablica 3.: Rezultati karakterizacije ispitnog radnog opterećenja dBASE III

Vrsta aplikacije: Zapisno orijentirana, slijedni pristup
 Skup podataka: 1 DB datoteka (203 K oktet),
 1 indeksna datoteka (77 K oktet)
 Zahtjevi za obradu: 100 traženja datoteke, 93 otvaranja/zatvaranja
 Omjer broja čitanja i pisanja: 7:1 (8945:1209)

Osnovna statistika broja okvira i prenesene količine podataka:						
	Vršna vrijednost broj_okvira / s	Ukupni iznos broj_okvira / s	Vršna vrijednost K oktet / s	Ukupni iznos K oktet / s		
NETX	1282	20896	295	4640		
VLM	1247	18491	367	4681		
Distribucija veličina okvira:						
	0-63	64-127	128-255	256-511	511-1023	1024-1518
NETX	0	60	15	0	22	1
VLM	0	57	17	0	21	3

U logičkoj razini promatramo kako se korisnički zahtjevi pretvaraju u mrežne upite, tj. kako su programi integrirani u mrežnu okolinu. Ovdje se izrazito lošim pokazuje program dBASE koji opetovano zahtijeva isti blok od 512B dok čita slijed zapisa iz njega. Kod slijednog pristupa podacima dolaze do izražaja efekti protokola s kliznim prozorom (kakav je IPX) i višeokvirni prijenos. Međutim, produkcijski rad najčešće je orientiran na nasumični pristup podacima gdje ovi efekti neće doći do izražaja. Kod programa Word pristup datotekama odvija se u blokovima po 128 okteta, dakle promet u mreži se sastoji pretežno od malih okvira pa ne dolaze do izražaja efekti velikih okvira ili višeokvirskog prijenosa.

Kod fizičke razine nailazi se na neke pozitivne strane ispitnih programa. Kako se upotrebljavaju stvarni aplikacijski programi, distribucija veličina okvira je podudarna sa distribucijom u produkcijskom radnom opterećenju ako se koriste isti programi. To je, međutim, samo posljedica izbora stvarnih aplikacija za stvaranje opterećenja a ne rezultat definiranja ispitnog programa. Jedino što ispitni programi LAB rade zaista dobro je zasićenje mrežnog priključnog sklopa i njegovog pogonskog programa. Ovime se krši jedno pravilo ispitivanja sustava - *ako zasitite sklopovlje, ne ispitujete sustav* [LEE94].

Zaključak

Nakon provedene karakterizacije radnog opterećenja stvorenog ispitnim programima tvrtke LANQuest prvi zaključak koji se nameće je da tako dobiveno ispitno radno opterećenje ni približno ne zrcali produkcijsko radno opterećenje, te da rezultate dobivene ovim programima ne treba smatrati relevantnim za prognoziranje kako će se ispitivani sustav ponašati u stvarnom pogonu. Poopćenje ovog zaključka navodi na potrebu uzdržanosti od *ad hoc* prihvaćanja popularnih ispitnih programa kao oslonca za procjenu ponašanja sustava, sve dok se karakterizacijom ne potvrdi podudaranje uzorka ispitnog radnog opterećenja sa produkcijskim opterećenjem sustava čije se ponašanje želi prognozirati.

Literatura

- [PATT85] E. D. Lazowska, J. Zahorjan, G. S. Graham i K. C. Sevick, *Quantitative System Performance: Computer Systems Analysis Using Queuing Network Models*, Prentice-Hall, Inc., 1984.
- [LANA93] LANalyzer for Windows, User Manual, Novell, Provo, Utah, 1993.
- [LEE94] R. Lee, Novell, Systems Engineering Division, osobna prepiska, 1994
- [NWKS93] NetWare DOS/Windows Workstation, Novell, Provo, Utah, 1993.

mr Dragutin Vuković, dipl.inž.
MicroLAB d.o.o.
Savska cesta 41/VII, PP 17
41000 ZAGREB
HRVATSKA
e-mail: dvukovic@open.hr

Nenad Severin, dipl.inž.
MicroLAB d.o.o.
Savska cesta 41/VII, PP 17
41000 ZAGREB
HRVATSKA
e-mail: nseverin@open.hr